



*“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”*

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

## **Trabajo de Graduación**

**Evaluación del crecimiento, rendimiento,  
mortalidad y rentabilidad utilizando seis dosis de  
compost en nopal (*Opuntia ficus-indica* L.)  
Diriamba, Carazo, 2009**

**AUTOR:**

**Br. Eda María Chavarría Mendoza**

**ASESORES:**

**Ing. MSc. Moisés Blanco Navarro  
Ing. Agr. Hugo Rodríguez González**

**Managua, Nicaragua  
Octubre, 2011**



*"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"*

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

## **Trabajo de Graduación**

**Evaluación del crecimiento, rendimiento,  
mortalidad y rentabilidad utilizando seis dosis de  
compost en nopal (*Opuntia ficus-indica* L.)  
Diriamba, Carazo, 2009**

**AUTOR:**

**Br. Eda María Chavarría Mendoza**

**ASESORES:**

**Ing. MSc. Moisés Blanco Navarro  
Ing. Agr. Hugo Rodríguez González**

Presentado a la consideración del honorable  
tribunal examinador como requisito para optar al  
grado de Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua  
Octubre, 2011**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN   | PÁGINA |
|---|--------|
| <b>DEDICATORIA</b>                                    | i      |
| <b>AGRADECIMIENTO</b>                                 | ii     |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b>                              | iii    |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>                              | iv     |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>                               | v      |
| <b>RESUMEN</b>  | vi     |
| <b>ABSTRACT</b>                                       | vii    |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>                                | 1      |
| <b>II. OBJETIVOS</b>                                  | 3      |
| 2.1 Objetivo general                                  | 3      |
| 2.2 Objetivos específicos                             | 3      |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>                      | 4      |
| 3.1 Ubicación y fecha de estudio                      | 4      |
| 3.2 Diseño metodológico                               | 5      |
| 3.3 Manejo del ensayo                                 | 5      |
| 3.4 Variables evaluadas                               | 6      |
| 3.4.1 Número de brotes                                | 6      |
| 3.4.2 Ancho de brotes (cm)                            | 6      |
| 3.4.3 Longitud de brotes (cm)                         | 6      |
| 3.4.4 Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )              | 6      |
| 3.4.5 Mortalidad (%)                                  | 6      |
| 3.5 Análisis estadístico                              | 6      |
| 3.6 Análisis de suelo                                 | 6      |
| 3.7 Análisis económico                                | 6      |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                     | 8      |
| 4.1 Número de brotes                                  | 8      |
| 4.2 Ancho de brotes (cm)                              | 9      |
| 4.3 Longitud de brotes (cm)                           | 9      |
| 4.4 Número de brotes comerciales                      | 10     |
| 4.5 Peso de brotes comerciales (kg ha <sup>-1</sup> ) | 11     |
| 4.6 Mortalidad (%)                                    | 13     |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 4.7 Análisis económico        | 14 |
| <b>V. CONCLUSIONES</b>        | 17 |
| <b>VI. RECOMENDACIONES</b>    | 18 |
| <b>VII. LITERATURA CITADA</b> | 19 |
| <b>VIII. ANEXOS</b>           | 22 |

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la oportunidad de vivir, llenarme de bendiciones y esperanzas a lo largo de toda mi vida y permitirme coronar mi carrera.

A mi madre, Lucía Otilia Mendoza por confiar en mí y por haber estado conmigo en todo momento.

A mi hermana Jasmina Chavarría por todo su apoyo y comprensión para la culminación de mis estudios.

A mi padre y hermanas por alentarme y poder lograr mi objetivo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por sobre todas las cosas, por ser mi guía, mi dador de vida y salud.

A mi familia, por el apoyo y la confianza que me brindaron.

Al Ing. Agr. Álvaro Fiallos que por su apoyo obtuve beca interna.

A mis asesores: Ing. MSc. Moisés Blanco Navarro, Ing. Agr. Hugo René Rodríguez González, por todo el apoyo brindado, para la elaboración de este trabajo.

Al Lic. Allan Báez, Ing. Roberto Larios, Ing. Jairo Chávez, que de manera incondicional me brindaron su colaboración.

A la Universidad Nacional Agraria y a todos los profesores que me ayudaron en mi formación profesional.

A mis amigas y compañeros de clases que de una u otra forma me apoyaron.

A ADECA (Asociación para el Desarrollo de Carazo) por brindarme el lugar para el establecimiento del ensayo.

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>CUADRO</b>   | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| 1. Análisis químico de suelo, Centro Experimental Jardín Botánico, Diriamba, 2009 | 4             |
| 2. Descripción de los tratamientos  | 5             |
| 3. Datos generales del ensayo   | 14            |
| 4. Presupuesto parcial  | 14            |
| 5. Análisis de dominancia   | 15            |
| 6. Análisis marginal  | 15            |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA   | PÁGINA |
|--|--------|
| 1. Condiciones de precipitación y temperatura, Centro Experimental Jardín Botánico, año 2009. Fuente: (INETER, 2009) | 4      |
| 2. Número de brotes por tratamiento bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009                                       | 8      |
| 3. Ancho de brotes (cm), bajo seis dosis de compost, Diriamba,2009   | 9      |
| 4. Longitud de brotes (cm), bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009   | 10     |
| 5. Número de brotes comerciales ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), a los 120 dds, bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009   | 11     |
| 6. Peso de brotes comerciales ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), a los 120 dds, bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009     | 12     |
| 7. Mortalidad (%), del cultivo del nopal a los 120 dds, bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009                   | 13     |



## ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO  | PÁGINA |
|--|--------|
| 1. Plano de campo, Centro Experimental Jardín Botánico, Diriamba, 2009   | 22     |
| 2. Análisis químico de suelo, realizado después del ensayo, Centro Experimental Jardín Botánico, Diriamba, 2009                                | 23     |
| 3. Análisis no paramétricos de Kruskal Wallis, sobre el número de brotes por Tratamientos bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009     | 23     |
| 4. Análisis no paramétricos de Kruskal Wallis, sobre el ancho de brotes (cm), bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009                 | 23     |
| 5. Análisis no paramétricos de Kruskal Wallis, sobre la longitud de brotes (cm), bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009              | 24     |
| 6. Análisis no paramétricos de Friedman, sobre el peso de brotes comerciales (kg), bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009            | 24     |
| 7. Análisis no paramétricos de Kruskal Wallis, sobre el número de brotes comerciales bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009          | 25     |
| 8. Análisis no paramétricos de Kruskal Wallis, sobre la mortalidad (%), del cultivo del nopal bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009 | 25     |

## RESUMEN

El experimento se llevo a cabo en el Centro Experimental Jardín Botánico, propiedad de ADECA (Asociación para el desarrollo de Carazo), ubicado en el kilómetro 51 ¼ carretera, Diriamba la Boquita-Casares, en el departamento de Carazo, el 28 de agosto de 2009, con el objetivo de evaluar el crecimiento, rendimiento, mortalidad y rentabilidad utilizando seis dosis de compost en el cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.). El experimento consistió en un diseño de bloques completos al azar (BCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones, las variables evaluadas fueron: número, ancho y longitud de brotes, número y peso de brotes comerciales y mortalidad. Los tratamientos fueron: un testigo absoluto y diferentes dosis de compost: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 kg planta<sup>-1</sup>. La semilla se recolecto en la ciudad de Diriamba. La cosecha se realizóa los 120 días después de la siembra el 18 de diciembre de 2009. Estadísticamente las variables de crecimiento: numero, ancho y longitud de brotes no presentaron diferencia significativa, sin embargo numéricamente al momento de la cosecha, el mayor número de brotes lo presentaron los tratamientos (0.5, 1 y 2.5 kg planta<sup>-1</sup>), con 26 brotes, los tratamientos (1.5y 2 kg planta<sup>-1</sup>), presentaron el menor número de brotes con (24), brotes, el mayor ancho (7.63 cm) con el tratamiento (2 kg planta<sup>-1</sup>), menor ancho (6.55 cm), y menor longitud (14.45 cm), con el tratamiento (1.5 kg planta<sup>-1</sup>), mayor longitud (16.78 cm), con el tratamiento (testigo absoluto); mayor numero de brotes comerciales (39 999 brotes ha<sup>-1</sup>), se obtuvo con el tratamiento (0.5 kg planta<sup>-1</sup>), el tratamiento (1 kg planta<sup>-1</sup>) presentó menor número de brotes comerciales con (25 000 brotes ha<sup>-1</sup>). Las variables que presentaron diferencias significativas fueron: peso de brotes comerciales y mortalidad, el mayor rendimiento (2 383 kg ha<sup>-1</sup>), fue obtenido con el tratamiento (0.5 kg planta<sup>-1</sup>), el menor rendimiento (990 kg ha<sup>-1</sup>), lo presentó el testigo absoluto. Con respecto a la mortalidad el tratamiento con mas plantas afectadas fue el testigo absoluto con un 33.3 %, el tratamiento (0.5 kg planta<sup>-1</sup>), presentó 100 % de sobrevivencia.

**Palabras clave:** Tratamiento, variables, brotes, cladodios

## ABSTRACT

The experiment took place in the experiment Center Botanical Garden, property of ADECA (association for Carazo's Department) kilometer 51<sup>1/4</sup> road to Diriamba, la boquita casares, at Carazo Department on August 28<sup>th</sup> of 2009 with the purpose of evaluating the growth, performance, mortality and profitability using six compost doses in the prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) The experiment consists in a design to complete blocks at random (BCA), with six treatments and four repetitions. The evaluated variables were: Number, width and length of sprouts; number and weight of commercial sprouts and mortality. Seeds were collected at Diriamba city and harvest was at 120 days after sow on December 18<sup>th</sup> of 2009. Statistically the growth variables: number; width and length of sprouts were not significant. However numerically at the hardens the bigger number of sprouts was by (0.5, 1 and 2.5 kg plants<sup>-1</sup>) with 28 sprouts the treatments (1.5 and 2 kg plants<sup>-1</sup>) obtain the minor number of sprouts with (24) sprouts. The bigger width (7.63) was obtained with the treatments (2 kg plants<sup>-1</sup>). The minor width treatments (6.55 cm) and minor length (14.45 cm) was obtain with the treatments (1.5 kg plants<sup>-1</sup>) the bigger length (16.78 cm) with the treatment (absolute witness); bigger I number of commercial sprouts (39 999 sprouts ha<sup>-1</sup>) it was obtained with the treatment (0.5 kg plants<sup>-1</sup>), the treatments (1 kg plants<sup>-1</sup>) presented the minor number of commercial sprouts (25 000 sprouts ha<sup>-1</sup>), the variables that presented significant differences were: weight of commercial sprouts and mortality, the bigger weight (2 383 kg ha<sup>-1</sup>), it was obtained with the treatment (0.5 kg plants<sup>-1</sup>), the minor weight (990 kg ha<sup>-1</sup>) presented it the treatment (absolute witness), respect to mortality the treatment with the biggest number of affected plants he was the absolute witness with a 33.3 %. The treatments (0.5 kg plants<sup>-1</sup>) obtained a 100 %, survival mate.

**Keywords:** Treatment, variables, sprouts, cladodios.

## I. INTRODUCCIÓN

El nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) pertenece a la familia de las Cactáceas originaria de América debido a la gran variabilidad genética que se encuentra en dicha zona. Habita en lugares desérticos de Estados Unidos, México y América del Sur (Sosa y García, 1997). Considerándose como centro de origen México por poseer gran variedad de especies (Bravo, 1978).

En la actualidad, a nivel mundial, la naturaleza está en un desequilibrio progresivo, ocasionando inviernos irregulares y largas sequías, lo que trae como consecuencia desbalance en el campo agrícola.

El aumento poblacional demanda mayores cantidades de alimentos sanos e inocuos, según Sáenz (2004), la tendencia general en el consumo de alimentos es buscar un buen aporte de nutrientes y que además los alimentos sean beneficiosos para la salud; alternativas que le permiten al nopal incursionar en el mercado nacional como producto innovador para el consumo humano.

El nopal en América ha sido utilizado desde muchos siglos atrás, principalmente por los aztecas con fines medicinales: para la fiebre bebían el jugo, el mucílago o baba del nopal la utilizaron para curar labios partidos, la pulpa curaba la diarrea, las espinas para la limpieza de infecciones, la fruta era usada para controlar el exceso de bilis y la raíz para el tratamiento de hernia, hígado irritado, úlceras estomacales y erisipela (Díaz del castillo, 1991). Finalmente resultados experimentales han demostrado que el nopal tiene propiedades medicinales y puede ser eficiente en tratamientos contra la diabetes, gastritis y obesidad (FAO, 1999).

Nicaragua depende de la agricultura y la ganadería, las que han experimentado en gran medida los impactos negativos del cambio climático, afectando la producción agropecuaria del país y trayendo consigo la escases de alimentos (Moncada, 2007). Actualmente uno de los principales problemas que enfrenta la producción en Nicaragua es la sequía (Duarte, 2008), producto del efectos del cambio climático.

Nicaragua requiere de cambios y dentro de estos cambios surgen alternativas que pueden ser parte del futuro del país, como el nopal su facilidad de adaptación y supervivencia en condiciones de sequía extrema le confieren amplias posibilidades de cultivo en zonas áridas y semi-áridas pudiéndose considerar como una planta colonizadora (Guerrero, 2005). El nopal en Nicaragua es un recurso aun no explotado, debido a que muchos desconocen el uso que esta planta presenta.

La razón mayor del interés hacia los opuntias es la importante contribución y aporte que puede tener en los sistemas de agricultura sostenible en las zonas áridas y semiáridas, además requiere de poca agua y energía. En algunos sistemas multifuncionales son importantes para protección del suelo y sus funciones básicas como planta pueden producir material para alimento y materia prima (García de Cortázar y Nobel, 1992).

El nopal se ha adaptado perfectamente a zonas áridas caracterizadas por condiciones secas, lluvia errática y suelos pobres expuestos a la erosión, funcionando como cosecha vitales en casos de sequía extremas para humanos y animales. Este cultivo es particularmente atractivo como alimento por su eficiencia a convertir el agua en materia seca y por lo tanto, en energía digestible (Nobel, 1995).

Según la FAO (1999), con el objetivo de contribuir a una mayor seguridad alimentaria y nutricional, ha comenzado a promover la utilización de recursos no explotados, siendo uno de los más destacados el nopal por su gran valor nutricional y medicinal, substrayendo otros subproductos que son de vital importancia en la humanidad.

La preferencia en la utilización del compost como fuente de nutrimentos para los cultivos en lugar de residuos frescos como excretas de animales, se debe a la disminución de olores (Miller, 1993). Efectos tóxicos sobre los cultivos, disminución en la contaminación de agua y eliminación de patógenos y semillas de malezas que se logra con el compost (Rink, 1992). Sin embargo es claro que la velocidad con que los residuos frescos entregan nutrimentos es más rápida que un compost (Castellanos y Pratt 1981), esto es una ventaja si las demandas de los cultivos son inmediatas, pero se debe considerar los riesgos ya mencionados.

Existe también la necesidad de nuevas prácticas que permitan la utilización del suelo y conlleve a una producción sostenible, las áreas de cultivo han incrementado en los últimos años, debido a que los cultivos ya no proporcionan los rendimientos que satisfagan las necesidades de los agricultores, por lo que la aplicación de abonos orgánicos, es una práctica que se está haciendo común en nuestro país para recuperar de cierta forma la fertilidad del suelo, recuperar los suelos degradados y suministrar a las plantas los nutrientes necesarios (Cáceres y Meza, 2001).

El uso de abonos orgánicos como el compost puede contribuir a mejorar y a mantener la fertilidad del suelo en los trópicos, permitiendo mantener los rendimientos a niveles que sean rentables por más tiempo.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar el crecimiento, rendimiento, mortalidad y rentabilidad utilizando seis diferentes dosis de compost en el cultivo de nopal.

### **2.2 Objetivos específicos**

2.2.1 Identificar el efecto que produce la aplicación de seis diferentes dosis de compost en el crecimiento del nopal.

2.2.2 Determinar que dosis de compost ejercen mayor influencia sobre el rendimiento en el cultivo del nopal.

2.2.3 Estimar la mortalidad de las plantas de nopal utilizando diferentes dosis de compost.

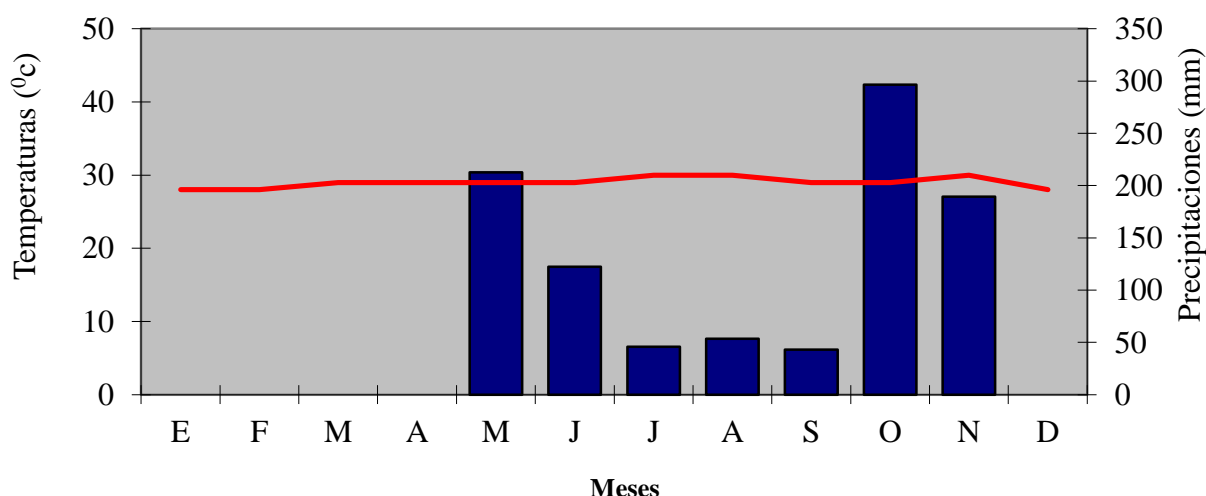
2.2.4 Analizar la viabilidad económica de las tecnologías evaluadas.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación y fecha de estudio

El ensayo se estableció el 28 de agosto de 2009, en el jardín botánico ADECA (Asociación para el Desarrollo de Carazo) ubicado en el km 51<sup>¼</sup>, carretera hacia la boquita en el municipio de Diriamba, departamento de Carazo.

El lugar está ubicado a 14.9 km de Diriamba, en las coordenadas geográficas 11°47'05'' de latitud norte y 86°16'55'' de longitud oeste. El jardín botánico se encuentra a una altura de 315 metros sobre el nivel del mar. La zona presenta temperaturas promedio entre 30-32 °C, humedad relativa de 80%, suelo franco arcilloso con pH de 6.02 y precipitación pluvial promedio de 600-800 mm al año.



**Figura 1.** Condiciones de precipitación y temperatura, del Centro Experimental Jardín Botánico durante el año 2009.

Fuente: (INETER, 2009)

Para determinar algunos parámetros de la fertilidad de los suelos del área de estudio, se tomaron muestras de suelos para ser analizadas en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria (LABSA, 2009). En el Cuadro 1 se presentan los resultados de dicho análisis.

**Cuadro 1.** Análisis químico de suelo, Centro Experimental Jardín Botánico, Diriamba, 2009

| pH<br>(H <sub>2</sub> O) | MO<br>% | N<br>% | P<br>ppm | K<br>(meq/100g de<br>suelo) | Ca<br>(meq/100g de<br>suelo) | Mg<br>(meq/100g de<br>suelo) |
|--------------------------|---------|--------|----------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 6.02                     | 3.33    | 0.17   | 3.5      | 0.54                        | 17.31                        | 5.03                         |

Los datos reflejados en el cuadro 1 se pueden interpretar de la siguiente manera: pH: ligeramente ácido, materia orgánica (MO): media, nitrógeno (N): alto, fósforo (P): pobre,

potasio (K): alto, calcio (Ca): alto, magnesio (Mg): alto, esto es según los rangos propuestos por Quintana *et al.*, (1992), citado por Acevedo y Chávez (2010). El suelo se clasifica texturalmente como franco arcilloso.

### 3.2 Diseño metodológico

Se estableció un experimento unifactorial en diseño de bloques completamente al azar (BCA) con 4 repeticiones y 6 tratamientos. El área experimental fue de 117 m<sup>2</sup>, correspondiente a 13 m de longitud y 9 m de ancho. Los nopales fueron establecidos a una distancia de 1 m entre surco (Gutiérrez y Hernández, 2007) y 0.50 m entre plantas (Alonso y Cruz 2006), con una densidad poblacional de 221 plantas, de las cuales solamente 72 fueron evaluadas, consideradas como parcela útil. Los tratamientos se describen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 2.** Descripción de los tratamientos

| <b>Tratamiento</b> | <b>Descripción</b> | <b>Dosis (kg planta<sup>-1</sup>)</b> |
|--------------------|--------------------|---------------------------------------|
| T1                 | Testigo absoluto   | 0.0                                   |
| T2                 | Compost            | 0.5                                   |
| T3                 | Compost            | 1.0                                   |
| T4                 | Compost            | 1.5                                   |
| T5                 | Compost            | 2.0                                   |
| T6                 | Compost            | 2.5                                   |

### 3.3 Manejo del ensayo

El material que se utilizó para la siembra (semilla vegetativa), fue nopal sin espina esta fue recolectado en la ciudad de Diríamba, de plantas con tres cladodios, ya que según Landero y Cruz (2005), este tipo de semilla presenta mayor sobrevivencia para la producción de nopal. Según Pimienta (1987), cladodios inmaduros son capaces de generar nuevos brotes.

La siembra se hizo de forma manual, realizando ahoyados acorde al cultivar con dimensiones de 20x20x20 cm, haciendo uso de macana, pala, azadones, lienzo, tijera y guantes. Introduciendo solamente la tercera parte inferior con la finalidad que en caso de pudriciones se pueda disponer de 2/3 de la semilla para replantarla (como fracciones mínimas), de esta forma queda buena superficie para el arraigamiento y estabilidad de la planta (Ríos y Quintana, 2004). Se aplicaron los tratamientos inmediatamente después de la siembra. Se realizaron 2 limpiezas manuales en toda el área del experimento, la primera al momento de la siembra y la segunda 60 días después de la siembra.

La época de siembra se determinó de acuerdo a la temporada de lluvias, realizándose en agosto del año 2009, con la finalidad de aprovechar el ciclo lluvioso. La orientación en que estuvieron dispuestas las caras planas de los cladodios al plantarse, fue de este a oeste.

La cosecha se realizó a los 120 días después de la siembra (dds), de forma manual y antes que empezaran a lignificarse los brotes. El corte se realizó antes del mediodía, con el objetivo de lograr temperaturas más bajas y prolongar su vida útil de anaquel del producto (Ríos y Quintana, 2004).



### **3.4 Variables evaluadas**

#### **3.4.1 Número de brotes**

Es el conteo acumulativo de los brotes vegetativos. El registro se realizó en tres plantas dentro de cada parcela útil.

#### **3.4.2 Ancho de brotes (cm)**

Las mediciones se realizaron en cada uno de los brotes, midiendo la parte más ancha del brote mediante el uso de la cinta métrica.

#### **3.4.3 Longitud de brotes (cm)**

Se midió desde la base del brote hasta la parte apical, haciendo uso de la cinta métrica.

#### **3.4.4 Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )**

Se recolectaron los brotes aptos para el consumo cuando los nopalitos alcanzaron dimensiones superiores a 10 cm de longitud (100-120 g), y de 5-15 cm de ancho con un color verde tierno y textura blanda, sin afecciones de enfermedades ni daños mecánicos. Este dato se obtuvo pesando los brotes en gramos en cada parcela útil y proyectada a  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### **3.4.5 Mortalidad (%)**

Se calculó como el número total de individuos muertos, expresados en % con respecto a la población inicial de 72 plantas dentro de la parcela útil se registró desde los 15 días después de la siembra hasta los 120 días posteriores.

### **3.5 Análisis estadístico**

Se realizó pruebas de normalidad y homogeneidad. Se determinó que los datos no presentaron una distribución normal y que presentaron homogeneidad en los resultados, esto ocurrió para todas las variables evaluadas. Se realizó análisis no paramétrico con la prueba de Kruskal Wallis y Friedman. Igualmente se empleó estadística descriptiva (frecuencias e histogramas) para las variables que así lo ameritaban.

### **3.6 Análisis de suelo**

Se realizó análisis de suelo antes y después de establecido el ensayo, con el propósito de conocer el referente del contenido nutricional que posee el suelo al momento de establecer el ensayo.

### **3.7 Análisis económico**

Los resultados obtenidos en el ensayo se sometieron a un análisis económico, para evaluar la rentabilidad de los tratamientos. Dichos análisis tienen como fin brindar información sobre el tratamiento que permite obtener mayor rentabilidad.

La metodología empleada para la realización de este análisis fue a través del presupuesto parcial, según la metodología propuesta por el CIMMYT (1988).

La metodología para realizar el análisis considera los siguientes indicadores:

**Rendimiento medio:** expresado en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

**Rendimiento ajustado:** El rendimiento ajustado de cada tratamiento es el rendimiento medio reducido en 10 % con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento.

**Beneficio bruto:** obtenido a través del producto del rendimiento ajustado por el precio del producto al momento de la cosecha.

**Costos variables:** Implican los costos particulares de los tratamientos relacionadas con los insumos comprados.

**Beneficio neto:** El beneficio neto se calcula restando el total de costos que varían del beneficio bruto de campo, para cada tratamiento.

**Dominancia:** Se ordenan los costos variables de los tratamientos en orden ascendente con su respectivo beneficio neto. Se considera que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.

**Beneficios netos marginales:** Luego del análisis de dominancia, a los tratamientos no dominados se les calcula la diferencia o incremento de los beneficios netos a pasar de una tecnología a otra.

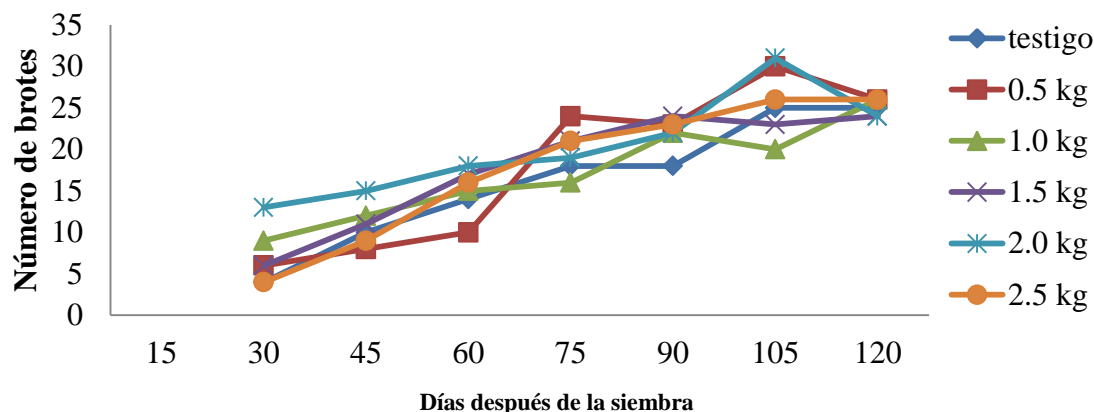
**Costos variables marginales:** Una vez realizado el análisis de dominancia a los tratamientos no dominados se les calcula la diferencia o incremento de los costos variables al pasar de una tecnología a otra.

**Tasa de retorno marginal:** Esta indica que el productor puede esperar ganar, en promedio con su inversión cuando decide cambiar una práctica o conjunto de prácticas por otra, y es igual a la relación de los beneficios netos marginales sobre los costos variables marginales expresados en porcentaje.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Número de brotes

Esta variable permite proyectar la producción de la plantación, debido a que cada brote representa un cladodio próximo a cosecha. Con el número de brotes podemos entender la formación de la estructura vegetativa de la planta. El sistema de producción es más rentable, cuando la plantación genera más brotes por planta por tanto la existencia de más brotes aumenta la probabilidad de una mejor cosecha.



**Figura 2.** Número de brotes por tratamiento bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009

El análisis Kruskal Wallis realizado con un 95% de confianza refleja que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos con relación al número de brotes en ninguno de los tratamientos durante el período del ensayo. Sin embargo presentaron mayor número de brotes a los 120 días después de siembra, los tratamientos (0.5, 1 y 2.5 kg planta<sup>-1</sup>) con 26 brotes por tratamiento, siendo los tratamientos (1.5 y 2 kg planta<sup>-1</sup>) los que presentaron el menor número de brotes con 24 brotes por tratamiento.

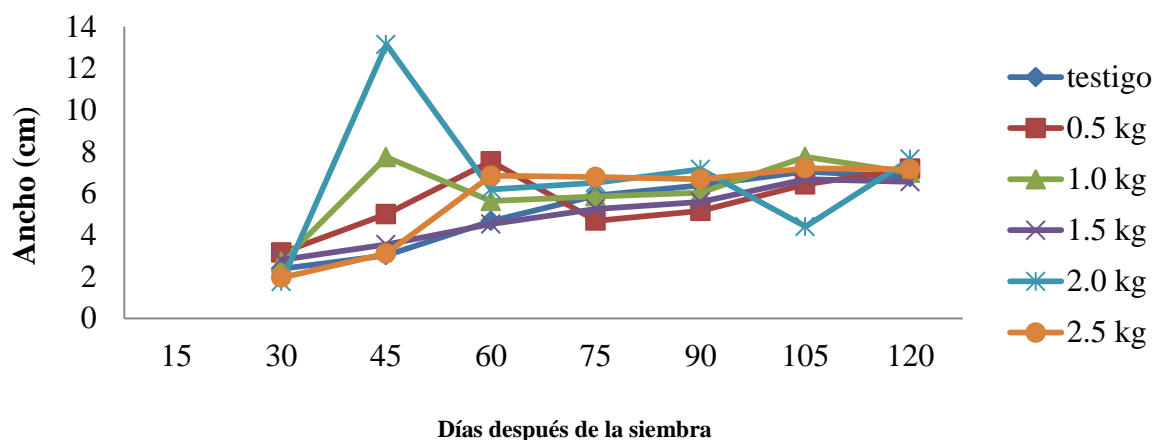
La figura 1, muestra que el número de brotes presentó una tendencia casi uniforme en todos los tratamientos a los 120 dds, lo que indica que habrá gran cantidad de brotes al momento de la cosecha a los 120 dds. Durante los 30 y 60 dds el tratamiento que mantuvo el mayor número de brotes fue el T5 (2 kgplanta<sup>-1</sup>) con 18 brotes por tratamiento.

La productividad de nopal está influenciada por los macro y micro nutrientes del suelo, así como la textura del suelo (Nobel, 1988; Hatzman *et al.*, 1991).

Lazcano *et al.*, (1997) indica la necesidad de realizar aportes de nutrientes para obtener altas producciones en nopal, el cual muestra una tasa de absorción de nitrógeno mayor cuando éste se aporta en forma nítrica.

## 4.2 Ancho de brotes (cm)

El ancho de brotes es una de las partes que determina el área foliar. Una mayor área foliar contribuye al incremento de la actividad fotosintética, aumentando la producción de biomasa (García, *et al.*, 2000).



**Figura 3.** Ancho de brotes (cm), bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009

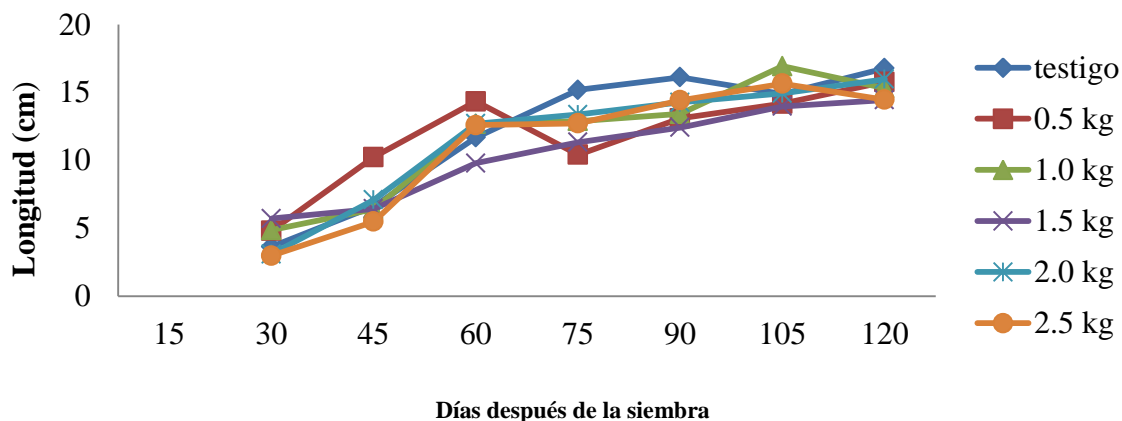
El análisis de Kruskal Wallis realizado al 95 % de confianza muestra que el comportamiento de las diferentes dosis de compost en cuanto al ancho de los brotes no mostró diferencia significativa.

A partir de los 30 dds todos los tratamientos mantuvieron el mismo comportamiento, a los 45 dds el tratamiento ( $2 \text{ kg planta}^{-1}$ ) obtuvo resultados de hasta 13.14 cm, logrando mantener el mismo comportamiento con los demás tratamientos desde los 60-90 dds, a los 105 dds disminuyó llegando a medir 4.4 cm, a los 120 dds todos los tratamientos no generaron diferencia significativa. La disminución en los tratamientos no ocurre en las mismas fechas debido a que el material de siembra utilizado provenía de diferentes fuentes, diferentes periodos de crecimiento, diferentes tamaños y pesos que puede afectar los resultados; es necesario que se uniformice el material de siembra a utilizar.

El ancho de brotes es una característica propia de cada variedad, por lo tanto no habrá diferencias significativas en la evaluación de esta variable entre individuos de la misma variedad (Pimienta, 1987).

## 4.3 Longitud de brotes (cm)

La longitud de brotes es una variable importante desde el punto de vista productivo y es uno de los elementos principales que componen el índice de cosecha. Entre más longitud mayor número de yemas y mayor crecimiento vegetativo. Los brotes aptos para cosecha deben medir aproximadamente entre 10 y 20 cm de longitud (Blanco *et al.*, 2008b).



**Figura 4.** Longitud de brotes (cm), bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009

En la figura 4, se observa una tendencia en aumento de la longitud de brotes por la influencia de los tratamientos y no hubo incidencia de factores que pudieran perjudicar su crecimiento y desarrollo por lo que nos indica que al momento de la cosecha hubo un rendimiento aceptable.

El análisis de Kruskal Wallis realizado con un 95 % de confianza, reflejó que la aplicación de compost no generó diferencia significativa sobre la longitud de los brotes. Sin embargo, se obtuvo mayor longitud con el testigo absoluto con 16.78 cm y una menor longitud (14.45 cm) con el tratamiento (1.5 kg planta<sup>-1</sup>).

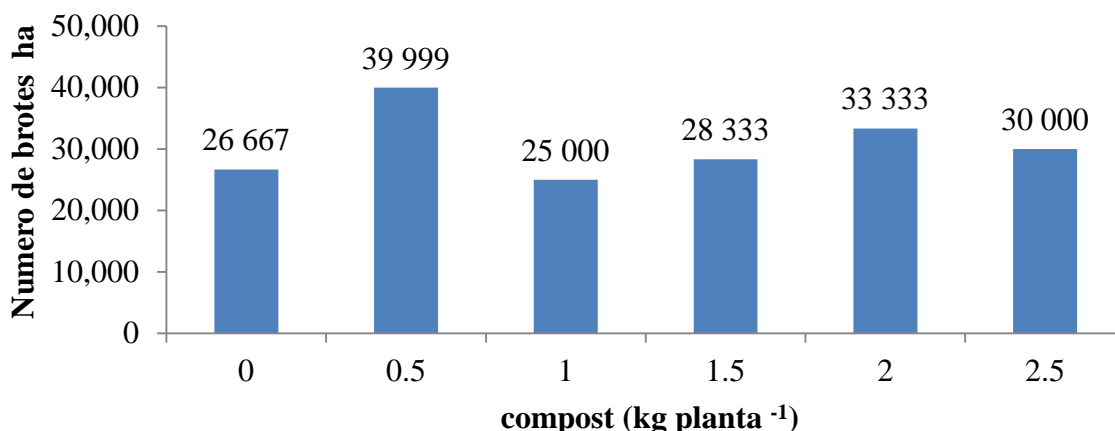
Los resultados encontrados de longitud están dentro del rango establecidos en las normas de calidad CODEX STAN 185-1993, que considera que el tamaño comercial de los brotes debe ser de 9-30 cm (FAO-OMS, 1993).

#### 4.4 Número de brotes comerciales

Esta variable nos permite saber el número de brotes a los 120 días después de la siembra listo para la cosecha. Los brotes pueden convertirse en un producto de importancia para consumidores con capacidad adquisitiva (Barbera, 1999). Los brotes se deben cosechar de 30-60 días después de brotar cuando alcanzan un peso entre 80 y 120 gramos y entre 10 y 20 cm de longitud. También depende del destino final del producto.

Esta variable fue obtenida por cada uno de los tratamientos que contenían brotes que poseían una longitud mayor de 10 cm de manera que se pueda proyectar el valor y tiempo para la próxima cosecha. También es la diferencia del total de brotes que tiene la plantación al momento de la cosecha, con aquellos brotes que están aptos para el consumo fresco o comercialización.

Los brotes frescos de buena calidad son delgados, turgentes y de un color verde brillante (Cantwell, 1999).



**Figura 5.** Número de brotes comerciales (kg ha<sup>-1</sup>), a los 120 dds, bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009

El análisis de Kruskal Wallis realizado al 95 % de confianza, no reflejó diferencias significativa, claramente se observó que la aplicación de compost a razón de 0.5 kg planta<sup>-1</sup>, obtuvo los mejores resultados con 39 999 brotes por tratamiento, y el de menor producción con 25 000 brotes bajo el tratamiento (1 kg planta<sup>-1</sup>).

La Figura 5, muestra el total de brotes por tratamientos y la cantidad de brotes que están listos para ser cosechados tomando en cuenta ciertos índices de cosecha.

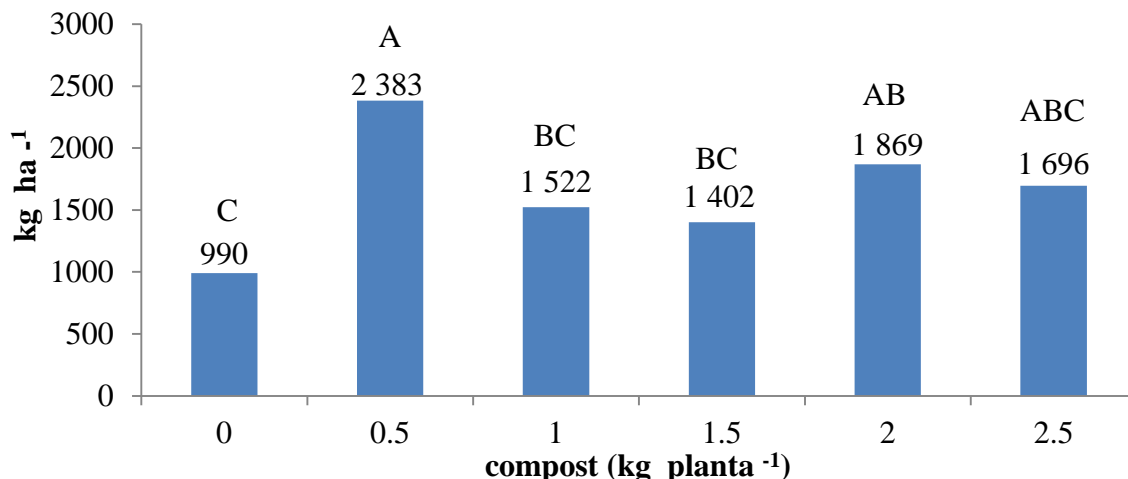
Esta variable indica la capacidad de producción del cultivo a los 120 dds en la zona en la que se realizó el estudio. Este rendimiento dependerá del manejo agronómico que se le dé al cultivo y de las condiciones agroclimáticas de la zona. Como se puede apreciar, el cultivo de nopal responde bien a las condiciones de la zona, cabe destacar que aun en época de verano sin riego alguno y con un buen manejo agronómico que incluye: limpieza del cultivo, fertilización y otras actividades. El cultivo es capaz de producir y dar más seguridad y rentabilidad al productor.

#### **4.5 Peso de brotes comerciales (kg ha<sup>-1</sup>)**

Según Orue y Rojas, (2008) y Blanco, (2009), el mayor rendimiento no lo obtiene el mayor peso de brotes, sino aquellos tratamientos en los cuales hay más brotes por planta.

Cladodio del latín cladodium se traduce como rama comprimida e incluso laminar de color verde con función clorofílica. Los brotes o cladodios (artículos globosos aplanados, muy carnosos), son el interés desde el punto de vista alimenticio, esto se debe a que los brotes tiernos son usados para el consumo de nopalitos, momentos en que están aptos para cosecharse.

El rendimiento en nopal se puede determinar en número de brotes o nopalitos y en peso de los mismos, los brotes listos para cosechar pueden tener un peso promedio de 100-120 g (Blanco *et al.*, 2008a). Ríos y Quintana (2004), mencionan que los nopalitos de 15 a 25 cm de longitud y de 8 a 12 cm de ancho pueden alcanzar un peso de 200 a 259 g.



**Figura 6.** Peso de brotes comerciales (kg ha<sup>-1</sup>), a los 120 dds, bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009

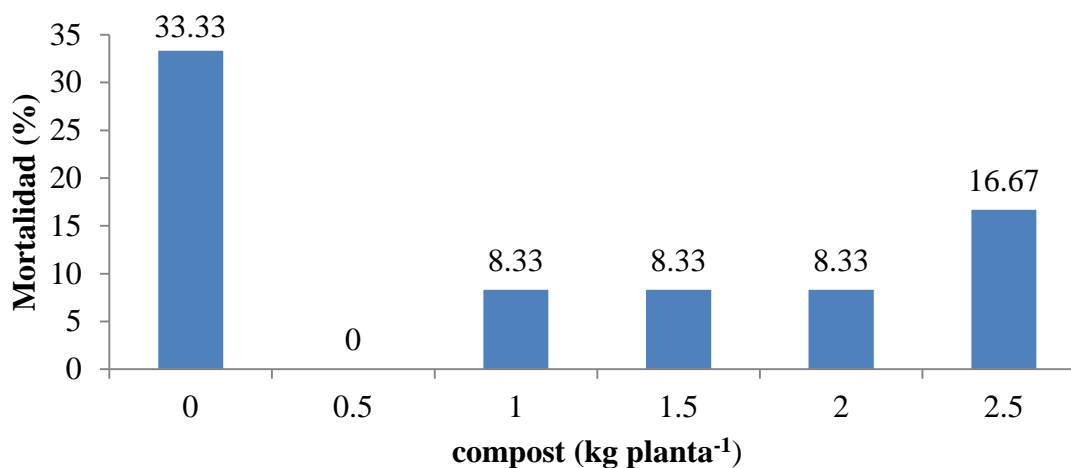
En cuanto al rendimiento obtenido, el análisis de Friedman realizado al 95 % de confianza reflejó que existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados. Los resultados nos indica que el conjunto de tratamientos comparados pueden separarse en cinco categorías estadísticas diferentes, en primer lugar el tratamiento (0.5 kg planta<sup>-1</sup>) representa el mayor peso con 2 383 kg ha<sup>-1</sup>, en segundo lugar el tratamiento (2 kg planta<sup>-1</sup>) con 1 869 kg ha<sup>-1</sup>, en tercer lugar el tratamiento (2.5 kg planta<sup>-1</sup>) con 1 696 kg ha<sup>-1</sup>, en cuarto lugar los tratamientos (1 y 1.5 kg planta<sup>-1</sup>) con 1 522 kg ha<sup>-1</sup> y 1 402 kg ha<sup>-1</sup> y en quinto y último lugar con 990 kg ha<sup>-1</sup> con el tratamiento (testigo absoluto).

El mejor rendimiento no fue alcanzado por peso mayor de brotes individuales, o tamaño de estos, sino por haber más brotes por tratamientos. Estos datos coinciden con investigaciones anteriores realizado por (García *et al.*, 2000) en trabajos realizado en Chile muestran que la nutrición no fue determinada por el peso de los brotes cosechados.

Existen diferencias en las características físicas de diferentes variedades, las cuales se reflejan en el peso y la longitud de los brotes (FAO, 1999).

#### 4.6 Mortalidad (%)

Esta variable refleja el número de plantas muertas encontradas durante el ensayo. El nopal es una planta que posee alto grado de resistencia a la sequía, temperaturas altas y adaptabilidad a suelos poco fértiles. Es sensible a los suelos encharcados por lo que en zonas con este riesgo, debe establecerse un drenaje adecuado (Melgarejo, 2000).



**Figura 7.** Mortalidad (%), del cultivo del nopal a los 120 dds, bajo seis dosis de compost, Diriamba, 2009

En el aspecto nutricional existe un reconocimiento generado en el sentido de que el nopal se ubica como una planta rústica, sin embargo responde favorablemente a la aplicación de abonos orgánicos. Trabajos realizados revelan que el nopal puede ser cultivado en una gran parte de la superficie de la tierra, particularmente en zonas áridas o semiáridas o en aquellas que están a punto de convertirse en tierras secas, así como también se logra la recuperación de tierras degradadas (Nobel, 1991).

El análisis de Kruskal Wallis realizado a un 95 % de confianza demostró que la aplicación de diferentes dosis de compost generó diferencias significativas en la mortalidad de las plantas de nopal, los tratamientos pueden separarse en dos categorías estadísticas obteniendo un promedio igual de 8.33%, excepto el tratamiento (0.5 kg planta<sup>-1</sup>) que no presentó plantas muertas, por encontrarse tres de sus repeticiones en los bordes del ensayo.

Los resultados obtenidos nos evidencian que la aplicación de compost no generó respuestas negativas al aplicar los tratamientos al cultivo.



## 4.7 Análisis económico

**Cuadro 3.** Datos generales del ensayo

| Tratamiento | Dosis<br>(kg planta <sup>-1</sup> ) | Nº de aplicaciones | Rendimiento<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 1           | 0.0                                 | 0                  | 990                                   |
| 2           | 0.5                                 | 1                  | 2 383                                 |
| 3           | 1.0                                 | 1                  | 1 522                                 |
| 4           | 1.5                                 | 1                  | 1 402                                 |
| 5           | 2.0                                 | 1                  | 1 869                                 |
| 6           | 2.5                                 | 1                  | 1 696                                 |

Precio del compost: C\$ 1.34 el kg

Precio de nopal en campo: C\$ 40 por kg

Densidad de planta: 20 000 plantas por hectárea

Costo del día de trabajo: C\$ 80 día/hombre

**Cuadro 4.** Presupuesto parcial

|  | Tratamientos (kg planta <sup>-1</sup> ) |        |        |        |        |         |
|--|---|--------|--------|--------|--------|---------|
|  | 0.0                                     | 0.5    | 1.0    | 1.5    | 2.0    | 2.5     |
| <b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>              | 990                                     | 2 383  | 1 522  | 1 402  | 1 869  | 1 696   |
| <b>Rendimiento ajustado<br/>(kg ha<sup>-1</sup>)</b> | 891                                     | 2 145  | 1 370  | 1 262  | 1 682  | 1 526   |
| <b>Beneficio bruto de campo<br/>C\$/ha</b>           | 35 640                                  | 85 800 | 54 800 | 50 480 | 67 280 | 61 040  |
| <b>Costo del fertilizante C\$/ha</b>                 | 0                                       | 13 400 | 26 800 | 40 200 | 53 600 | 67 000  |
| <b>Costo de aplicación C\$/ha</b>                    | 0                                       | 320    | 480    | 640    | 800    | 960     |
| <b>Total de costos que varían<br/>C\$/ha</b>         | 0                                       | 13 720 | 27 280 | 40 840 | 54 400 | 67 960  |
| <b>Beneficios netos C\$/ha</b>                       | 35 640                                  | 72 080 | 27 520 | 9 640  | 12 880 | - 6 920 |

La herramienta del presupuesto parcial nos permitió organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos.

Las seis columnas representan los tratamientos, la primera representa los rendimientos medios por tratamiento, la segunda los rendimientos ajustados reducidos con un 10%, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento, la tercera línea representa el beneficio bruto, esta resulta de multiplicar el rendimiento ajustado por el precio de 1 kg del producto (nopal). La siguiente parte incluye todos aquellos costos que varían por tratamiento, como el costo del fertilizante que resulta de multiplicar cada dosis por la densidad de planta por el precio de 1 kg del producto utilizado, el costo de aplicación resulta de multiplicar el costo del día de trabajo por el número total de días trabajados.

El total de costos que varían resulta de sumar el costo del fertilizante más el costo de aplicación, el beneficio neto resulta de restarle al beneficio bruto el total de costos que varían.

El presupuesto parcial es una manera de calcular el total de costos que varían y los beneficios netos de cada tratamiento en un experimento.

**Cuadro 5.** Análisis de dominancia

| Tratamiento  | Dosis<br>(kg planta <sup>-1</sup> ) | Total de costos que<br>varían C\$ | Beneficios<br>netos C\$ | Dominancia |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------|
| 1  | 0.0                                 | 0                                 | 35 640                  | ND         |
| 2  | 0.5                                 | 13 720                            | 72 080                  | ND         |
| 3  | 1.0                                 | 27 280                            | 27 520                  | ND         |
| 4  | 1.5                                 | 40 840                            | 9 640                   | D          |
| 5  | 2.0                                 | 54 400                            | 12 880                  | D          |
| 6  | 2.5                                 | 6 760                             | - 6 920                 | D          |
| Tipo de cambio a fecha: 24 nov. 2011. 1U\$ ≡ 22.47 C\$ |                                     |                                   |                         |            |

Se realizó con el fin de eliminar aquellos tratamientos que tengan beneficios netos menores. Un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento que tiene costos que varían más bajo, estos se marcan con la letra D.

**Cuadro 6.** Análisis marginal

| Tratamientos | Total de<br>costos que<br>varían<br>C\$/ha | Costos<br>variables<br>marginales<br>C\$/ha | Beneficio<br>neto<br>C\$/ha | Beneficio<br>neto<br>marginal<br>C\$/ ha | Tasa de<br>retorno<br>marginal |
|--------------|--|---|-----------------------------|--|--------------------------------|
| Testigo      | 0  |   | 35 640                      |  |                                |
| 0.5          | 13 720                                     | 13 720                                      | 72 080                      | 36 440                                   | 2.6 %                          |
| 1.0          | 27 280                                     | 13 560                                      | 27 520                      | - 44 600                                 | -3.2 %                         |

$$\text{TRM} = \frac{72\,080 - 35\,640}{13\,720 - 0} = \frac{36\,440}{13\,720} = 2.6 \%$$

La tasa de retorno marginal indica que con la aplicación con 0.5 kg de compost por planta, por cada córdoba utilizado para compra y aplicación de compost se recupera el córdoba invertido y se obtiene C\$ 2.6 adicionales.

La tasa de retorno marginal indica lo que el agricultor puede esperar ganar, en promedio con su inversión cuando decide cambiar una práctica por otra.

Es la operación de calcular las tasas de retorno marginal para los tratamientos paso a paso, empezando con el tratamiento de menor costo, avanzando hasta el de mayor costo, decidiendo si resultan aceptables para el agricultor.

El objetivo del análisis marginal es revelar como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida es decir que al analizar el tratamiento dos el agricultor invierte C\$ 13 720 para compra y aplicaciones de compost, el cual recupera los 13 720 y obtiene beneficios netos adicionales de C\$ 36 440.

Con la realización del análisis económico he concluido que el mayor costo variable lo presenta el tratamiento 2.5 kg de compost por planta con 67 960 córdobas por hectárea, así como el mayor beneficio neto con 72 080 córdobas por hectárea presentándolo el tratamiento 0.5 kg de compost por planta, generando también el menor costo variable con 13 720 córdobas por hectárea; y el menor beneficio neto lo presento el tratamiento 1.5 kg de compost por planta con 9 640 córdobas por hectárea.

## **V. CONCLUSIONES**

Las aplicaciones de compost no generaron diferencia significativa en el número, ancho y longitud de brotes.

Los mayores rendimientos se obtienen con la aplicación de 0.5 kg de compost por planta.

El mayor porcentaje de mortalidad de plantas se registró bajo el tratamiento que no recibió aplicaciones de compost.

El tratamiento 2 (0.5 kg planta<sup>-1</sup>), establece mayor rentabilidad económica en la producción de nopal con una recuperación de 2.6 córdobas por cada córdoba invertido.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Aplicar 0.5 kg de compost por planta para obtener mayores rendimientos, menor porcentaje de mortalidad y mayores beneficios económicos.

## VII. LITERATURA CITADA

- Acevedo, H; Chávez, R. 2010. Comportamiento de cinco variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y una de caupí (*Vigna radiata* L. Walpers), fertilizadas con vermicompost en la época de postrema, en la comunidad de Apompua. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 33 p.
- Alonso, B; Cruz, O. 2006. Evaluación de diferentes densidades de siembra de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en la comunidad de Buena Vista Sur. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 15p.
- Barbera, G. 1999. Agroecología, cultivos y usos del nopal. FAO Roma, IT. 219 p.
- Blanco, M. Orue, R. y Rojas, E. 2008a. Ficha técnica del nopal en Nicaragua (*Opuntia ficus-indica* L. Miller). Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 2 p.
- \_\_\_\_\_. Zeledón, A. y Cortez, N. 2008b. Ficha técnica del nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) PCCMCA. San José, CR. 2p.
- \_\_\_\_\_. 2009d. Seis años de investigaciones en nopal (*Opuntia ficus indica* L. Miller), en Diriamba, NI. Recurso natural con oportunidad. LV reunión anual de la sociedad de PCCMCA. San Francisco de Campeche, MX. 179 p.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. 2 ed. D.F, MX. Universidad Nacional Autónoma de México. 301p.
- Cáceres, D y Meza, J. 2001. Comparación del efecto de la fertilización mineral, orgánica y control de malezas en cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) establecido en callejones de madero negro (*Gliricidia sepium* L.) y convencional. Tesis. Ing. Agr. UNA. Managua, NI. 59 p.
- Cantwell, M. 1999. Manejo pos cosecha de tunas y nopalitos. Pp. 126-143. In G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta, eds. Agro ecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección vegetal. Roma, IT. 132. p.
- Castellanos, JZ.; Pratt, PF. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. Soil Science Society of America Journal. N° 45: 354-357.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, D.F., MX. p 19-50.
- Díaz del Castillo B. 1991. Historia verdadera de la conquista de la nueva España. Alicante, MX. TEA. 325 p.

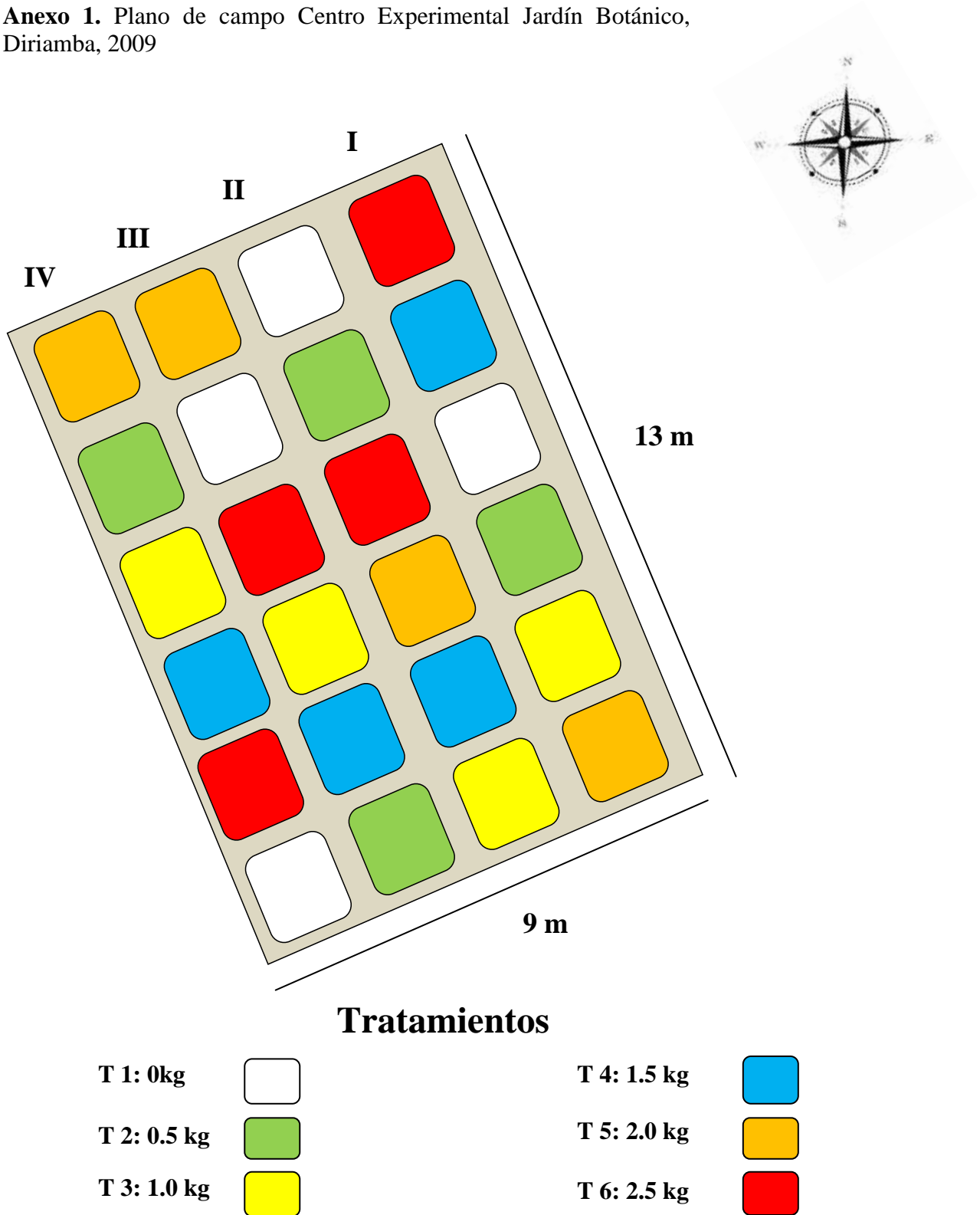
- Duarte, M. 2008. Evaluación del comportamiento agronómico de quince genotipos mejorados de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), en condiciones agroecológicas semihúmeda de Santa Lucía, época de primera, 2008. In: INTA, Chontales, NI. 27 p.
- FAO/OMS. 1993a. Worldwide Codex standard for Nopal. Codex Stan 185-1993. Codex Alimentarius. Volume five B. Tropical fresh fruits and vegetables. Food and Agriculture organization of the United Nations World Health Organization. Roma, IT. s.p.
- \_\_\_\_\_. 1999b. Agroecológica, cultivo y usos del nopal. Roma, IT. 72 p.
- García, V., Teresa V. y Espinosa, M. 2000. Efecto de bioabono sobre el área fotosintéticamente activa, producción de cladodios y eficiencia de recuperación de N en el cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) en el primer año post-plantación. Universidad de Chile, 2000, Casilla 1004, Santiago, CL. 96p.
- García de Cortázar, V. y Nobel, P. S. 1992. Biomasa and fruit production for the pink y pear cactus *Opuntia ficus-indica* J. Amer. Soc. Hort. Sci. no. 117: 558-562.
- Gutiérrez, C.; Hernández, H. 2007. Estudio de 4 distancias entre surco y su influencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo del nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en Diriamba. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 18 p.
- Guerrero, R. 2005. Proponen al nopal como un alimento alternativo. La prensa, Managua, NI, agosto. 19:1A.
- Hatzman, S. Ebert, G. Lüdders, P. 1991. Influence of NaCl salinity on growth, ion uptake, and gas exchange of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *Angewandte Bot.*, 65: 161-168.
- INETER. 2009. Instituto Nicaragüense de estudios territoriales. Departamento de agroMeteorología. Managua, NI.
- Landero, F. y Cruz, E. 2005. Adaptación del nopal (*Opuntia ficus indica* L. Miller), para la producción de Nopal verdura en la comunidad Buena Vista del Sur, Diriamba, Carazo. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, NI. 30 p.
- Lazcano, C.; Frederick, T.; Sharon, A. y Estrada, A. 1997. VIII Congreso nacional y Vinternacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. Mx. 320 p.
- LABSA (Laboratorio de Suelo y Agua) 2009. Análisis de muestras de suelo. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI.
- Melgarejo, P. 2000. Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Editorial mundial prensa. Vol. 1. El medio ecológico, la higuera, la alcaparra y el nopal. 382 p.
- Miller, F. C. 1993. Minimizing odor generation. In: HOITING, H. A. J. Y KEENER, H. M. (ed). Science and engineering of composting: design, environmental, microbiological and utilization aspects. p 219-241.

- Moncada, J. M. 2007. Granos básicos en riesgos por cambio climático. La prensa. Managua, NI, feb. 1:7B.
- Nobel, S. P. 1988. Los incomparables agaves y cactus, MX. p. 123-125.
- Nobel, P. S., 1991. Environmental productivity indices and productivity for *O. ficus-indica* under current and elevated atmosphere CO<sub>2</sub> levels. Plant and cell environmental. 14: p 637-647.
- \_\_\_\_\_. 1995. Environmental biology. en. G. Barbará; P. Inglese ; E Pimienta-Barrios, FAO (organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, IT). Plants production and protection paper. 132 p.
- Orue, R. y Rojas, E. 2008. Efecto de enmiendas nutricionales sobre el rendimiento del nopal (*Opuntia ficus indica*) en Diriamba, Carazo. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 29p.
- Pimienta, E. 1987. El nopal tunero: Descripción botánica, uso e importancia económica. In germen, somefi. N° 7. Texcoco, MX. p 10-12.
- Quintana, J; Blandón, J; Flores, A; Mayorga, E. 1992. Manual de fertilización para los suelos de Nicaragua. UNA-consultora profesional indígena (INDOCONSUL S.A). Managua, NI. 54 p.
- Ríos J., Quintana V. 2004. Manejo general del cultivo de nopal. Chapingo. MX. p. 19 –21.
- Rynk, R. 1992. On-farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. New York, US. 186 p.
- Sáenz, C. 2004. Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* spp. In: Esparza, G; Valdez, R. y Méndez, S. eds. El nopal, tópicos de la actualidad. Universidad Autónoma de Chapingo, MX. p. 211-222.
- Sosa, V. E. y García M. P. 1997. Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. FAO, Santiago, CL. p. 100-105.



## VIII. ANEXOS

**Anexo 1.** Plano de campo Centro Experimental Jardín Botánico, Diriamba, 2009



**Anexo 2.** Análisis químico de suelo, realizado después del ensayo, Centro Experimental Jardín Botánico, Diriamba, 2009

| <b>PH<br/>(H<sub>2</sub>O)</b> | <b>MO<br/>%</b> | <b>N%</b> | <b>P<br/>%</b> | <b>K (meg /100 g<br/>de suelo)</b> | <b>Ca (meg /100 g de<br/>suelo)</b> | <b>Mg (meg /100 g<br/>de suelo)</b> |
|--------------------------------|-----------------|-----------|----------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 5.93                           | 3.5             | 0.17      | 1.6            | 0.67                               | 19.16                               | 6.05                                |

**Anexo 3.** Análisis no para métrico de Kruskal Wallis, sobre el número de brotes por tratamiento, bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009

| <b>Tratamiento</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E</b> | <b>H</b> | <b>P</b> |
|--------------------|----------|---------------|------------|----------|----------|
| 0.0                | 32       | 3.53          | 3.10       | 1.77     | 0.8760   |
| 0.5                | 32       | 4.31          | 3.70       |          |          |
| 1.0                | 32       | 3.75          | 2.88       |          |          |
| 1.5                | 32       | 4.22          | 3.16       |          |          |
| 2.0                | 32       | 4.50          | 3.30       |          |          |
| 2.5                | 32       | 3.91          | 3.07       |          |          |

**Anexo 4.** Análisis no para métrico de Kruskal Wallis, sobre el ancho de brotes (cm), bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009

| <b>Tratamiento</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E</b> | <b>H</b> | <b>P</b> |
|--------------------|----------|---------------|------------|----------|----------|
| 0.0                | 32       | 4.08          | 3.06       | 5.36     | 0.3658   |
| 0.5                | 32       | 3.91          | 3.11       |          |          |
| 1.0                | 32       | 4.66          | 3.10       |          |          |
| 1.5                | 32       | 4.08          | 2.74       |          |          |
| 2.0                | 32       | 4.93          | 3.01       |          |          |
| 2.5                | 32       | 4.84          | 2.99       |          |          |

**Anexo 5.** Análisis no para métrico de Kruskal Wallis, sobre la longitud de brotes (cm), bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009

| <b>Tratamiento</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E</b> | <b>H</b> | <b>P</b> |
|--------------------|----------|---------------|------------|----------|----------|
| 0.0                | 32       | 9.50          | 7.58       | 2.34     | 0.7958   |
| 0.5                | 32       | 8.52          | 6.80       |          |          |
| 1.0                | 32       | 10.02         | 6.72       |          |          |
| 1.5                | 32       | 8.81          | 6.02       |          |          |
| 2.0                | 32       | 10.09         | 6.20       |          |          |
| 2.5                | 32       | 9.61          | 6.28       |          |          |

**Anexo 6.** Análisis no para métrico de Friedman, sobre el peso de brotes comerciales (kg), bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009

| <b>Tratamiento</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>Agrupamiento</b> |
|--------------------|----------|---------------|---------------------|
| 0.5                | 4        | 2 383         | <b>a</b>            |
| 2.0                | 4        | 1 869         | <b>a b</b>          |
| 2.5                | 3        | 1 696         | <b>a bc</b>         |
| 1.0                | 4        | 1 522         | <b>b c</b>          |
| 1.5                | 4        | 1 402         | <b>bc</b>           |
| 0.0                | 4        | 990           | <b>c</b>            |

**Anexo 7.** Análisis no para métrico de Kruskal Wallis, sobre el número de brotes comerciales bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009

| <b>Tratamiento</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E</b> | <b>H</b> | <b>P</b> |
|--------------------|----------|---------------|------------|----------|----------|
| 0.0                | 32       | 0.50          | 1.44       | 0.08     | 0.9987   |
| 0.5                | 32       | 0.75          | 2.20       |          |          |
| 1.0                | 32       | 0.47          | 1.44       |          |          |
| 1.5                | 32       | 0.53          | 1.44       |          |          |
| 2.0                | 32       | 0.63          | 1.81       |          |          |
| 2.5                | 32       | 0.47          | 1.54       |          |          |

**Anexo 8.** Análisis no para métrico de Kruskal Wallis, sobre la mortalidad (%), del cultivo del nopal bajo diferentes dosis de compost, Diriamba, 2009

| <b>Tratamiento</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E</b> | <b>H</b> | <b>P</b> |
|--------------------|----------|---------------|------------|----------|----------|
| 0.0                | 32       | 0.72          | 0.77       | 17.74    | <0.0001  |
| 0.5                | 32       | 0.00          | 0.00       |          |          |
| 1.0                | 32       | 0.16          | 0.37       |          |          |
| 1.5                | 32       | 0.06          | 0.25       |          |          |
| 2.0                | 32       | 0.19          | 0.40       |          |          |
| 2.5                | 32       | 0.34          | 0.79       |          |          |

| <b>Tratamiento</b> | <b>Medias</b> | <b>Ranks</b> | <b>Agrupamiento</b> |
|--------------------|---------------|--------------|---------------------|
| 0.5                | 0.00          | 77.50        | <b>a</b>            |
| 1.5                | 0.06          | 83.28        | <b>a</b>            |
| 1.0                | 0.16          | 91.95        | <b>a</b>            |
| 2.0                | 0.19          | 94.84        | <b>a</b>            |
| 2.5                | 0.34          | 101.31       | <b>a</b>            |
| 0.0                | 0.72          | 130.11       | <b>b</b>            |

De donde:

N= Tamaño total de la muestra

H= Valor estadístico de la prueba de kruskal-wallis

P= (p- valúe) probabilidad

E= Error

D= desviación estándar